

BAB II

KERANGKA TEORITIS, KERANGKA BERPIKIR, DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Kerangka Teoritis

1. Hakikat Kapasitas Vital Paru

Pada dasarnya setiap manusia pasti membutuhkan oksigen, karena setiap aktivitas apapun yang dilakukan oleh manusia memerlukan oksigen atau respirasi sebagai sumber energi. Kemampuan respirasi seseorang dapat dilihat dari pengukuran kapasitas vital, yaitu jumlah udara terbesar yang dapat dikeluarkan dari paru setelah inspirasi maksimal.¹ Dan alat yang digunakan untuk mencatat gerakan pernapasan serta untuk mencatat jumlah udara yang keluar masuk paru pada waktu seseorang bernapas adalah Spirometer.

Dalam bukunya “Buku Ajar Fisiologi Kedokteran” Guyton and Hall menerangkan tentang kapasitas vital :

“Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah dengan volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru. Setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600 mililiter)².

¹ William F. Ganong, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ed.20*, Terjemahan H. M Widjajakusumah (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC), h. 625.

² Arthur C. Guyton and John E. Hall, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ed.11*. Terjemahan Irawati. (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2006), h. 500.

Hal serupa juga dikemukakan oleh Arie Sutopo Dan Alma Permana dalam “ buku penuntun praktikum ilmu faal dasar” bahwa :

VC (kapasitas vital) adalah volume maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal.³

Menurut William Ganong, dalam bukunya yang berjudul Fisiologi Kedokteran, spirometer tersebut akan menunjukkan:

- a. Volume tidal, adalah jumlah udara yang masuk ke dalam paru setiap inspirasi atau jumlah udara yang keluar dari paru setiap ekspirasi.
- b. Volume cadangan inspirasi (VCI) atau *inspiratory reserve volume (IRV)*, adalah jumlah udara yang dapat masuk ke dalam paru pada inspirasi maksimal setelah ekspirasi biasa.
- c. Volume cadangan ekspirasi (VCE) atau *expiratory reserve volume (ERV)*, adalah jumlah udara yang dapat dikeluarkan secara aktif dari dalam paru melalui kontraksi otot respirasi setelah ekspirasi biasa.
- d. Volume sisa atau *residual volume (RV)*, adalah udara yang masih tertinggal dalam paru setelah ekspirasi maksimal.⁴

Untuk menguraikan peristiwa-peristiwa dalam siklus paru, kadang-kadang perlu menyatukan dua atau lebih volume diatas. Kombinasi seperti itu disebut kapasitas paru, yang diuraikan sebagai berikut oleh William F. Ganong dalam bukunya yang berjudul Buku Ajar Fisiologi Kedokteran:

³ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar* (Jakarta: FIK UNJ, Edisi 2 / 2001), h. 9.

⁴ William F. Ganong, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC), h. 624.

- a. *Functional residual capacity*, adalah jumlah udara residu dengan udara cadangan ekspirasi yang berjumlah sekitar 2300 ml. Ini adalah jumlah udara terbesar yang dapat dikeluarkan dari paru setelah inspirasi maksimal, nilai tersebut bermanfaat dalam memberikan informasi mengenai kekuatan otot-otot pernapasan.
- b. Kapasitas pernapasan maksimum (KPM), atau *Maximal Breathing Capacity (MBC)*, adalah volume gas terbesar yang dapat dikeluarkan dan dimasukkan selama satu menit secara volunter. Pada keadaan normal, berkisar antara 125-170 L/menit.
- c. Kapasitas total atau *total capacity*, adalah jumlah udara yang dapat ditampung oleh paru-paru, jumlahnya berkisar 6000 ml.
- d. Frekuensi pernapasan, adalah banyaknya tiap kali bernapas selama satu menit.
- e. Volume pernapasan selama satu menit (*the minute respiratory volume*) adalah jumlah frekuensi pernapasan selama satu menit dikali volume tidal.⁵

Menurut Arthur Kapasitas Vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru-paru setelah terlebih dahulu mengisi paru-paru secara maksimum dan

⁵ *Ibid*, h. 625

kemudian mengeluarkan secara maksimum pula (kira-kira 4600 mililiter)⁶. Volume gas di paru-paru pada setiap saat tergantung pada mekanisme paru-paru, dinding dada, dan aktivitas otot-otot inspirasi dan ekspirasi. Volume paru-paru dalam setiap set tertentu kondisi ini dapat diubah oleh proses fisiologis dan normal. Ukuran paru-paru seseorang tergantung pada tinggi dan berat badan atau luas permukaan tubuh, serta pada usia dan jenis kelamin.

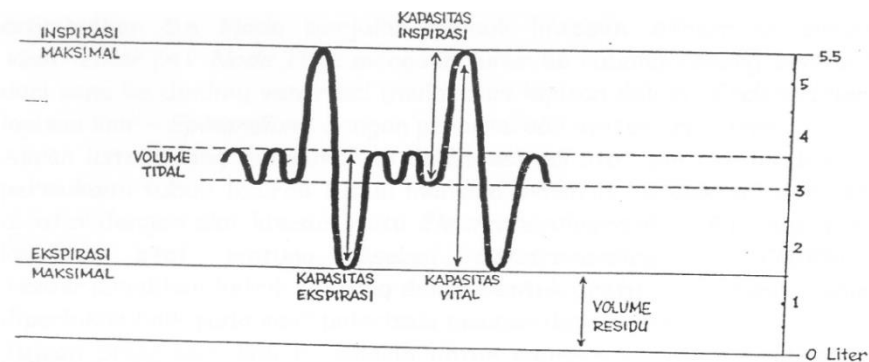
Dapat diketahui kapasitas vital seseorang bergantung pada :

- 1) Seseorang ketika kapasitas paru diukur,
- 2) Kekuatan otot pernapasan, dan
- 3) Daya regang paru-paru dan rangka dada yang disebut sebagai *compliance*.

Nilai kapasitas vital rata-rata pada pria dewasa muda sekitar 4,6 liter dan pada wanita dewasa muda sekitar 3,1 liter. Kapasitas vital seseorang juga dapat ditingkatkan melalui latihan atau aktivitas olahraga. Dalam keadaan latihan KV dapat bertambah sebesar 3 - 4% diatas normal yaitu mencapai 6 - 7 liter. Sehingga kemampuan respirasi seseorang dapat dilihat melalui Kapasitas Vital Paru-Paru(KV)⁷.

⁶ Arthur C. Guyton. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Terjemahan LMA, Penerbit Buku Kedokteran EGC. (Jakarta: 1994), h. 151.

⁷ Hasjim effendi dan Jazir Jasmeiny, *Fisiologi Pernapasan dan Pathofisiology* (Bandung: Penerbit Alumni, 1980), h. 17.



Gambar 1. Volume Pernapasan

Sumber: Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari, Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar, Jakarta: UNJ, 2001, h. 10⁸.

Dalam diagram di atas, terlihat bagian kurva antara batas inspirasi maksimal dan batas ekspirasi maksimal yang menyatakan volume udara yang dapat di ekspirasikan setelah inspirasi maksimal dan disebut sebagai kapasitas vital. Jumlahnya sama dengan volume inspirasi maksimal ditambah dengan volume tidal dan volume ekspirasi maksimal, sedangkan nilainya berbeda pada laki-laki dan wanita.

Pada aktivitas berat misalnya olahraga, penggunaan oksigen dan pembentukan karbondioksida dapat meningkat lebih besar 20 kali lipat. Meskipun demikian, kecuali pada gerak badan yang sangat berat, ventilasi alveolous biasanya meningkat dalam jumlah yang hampir sama, sehingga PO_2 , PCO_2 , dan pH darah tetap hampir persis normal.

Terjadinya inspirasi dan ekspirasi tidak terlepas dari otot-otot respirasi, antara lain *musculus intercostales externus*, *musculus intercostales internus*, dan *musculus diafragma*. Kontraksi dan relaksasi otot-otot

⁸ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar Edisi I/2000*, (Jakarta: Laboratorium FIK UNJ), h. 10.

tersebut harus berlangsung secara tepat, baik mengenai waktu ataupun kekuatannya. Pengaturan tersebut dilakukan oleh pusat pernapasan (*respiratory center*).

Dari beberapa keterangan di atas, dapat disimpulkan bahwa Kapasitas Vital (KV), adalah volume udara maksimal yang dapat ditampung paru-paru setelah melakukan inspirasi maksimal yang diikuti oleh ekspirasi maksimal, jadi keadaan tersebut menggambarkan kemampuan paru-paru seseorang untuk menampung udara atau oksigen.

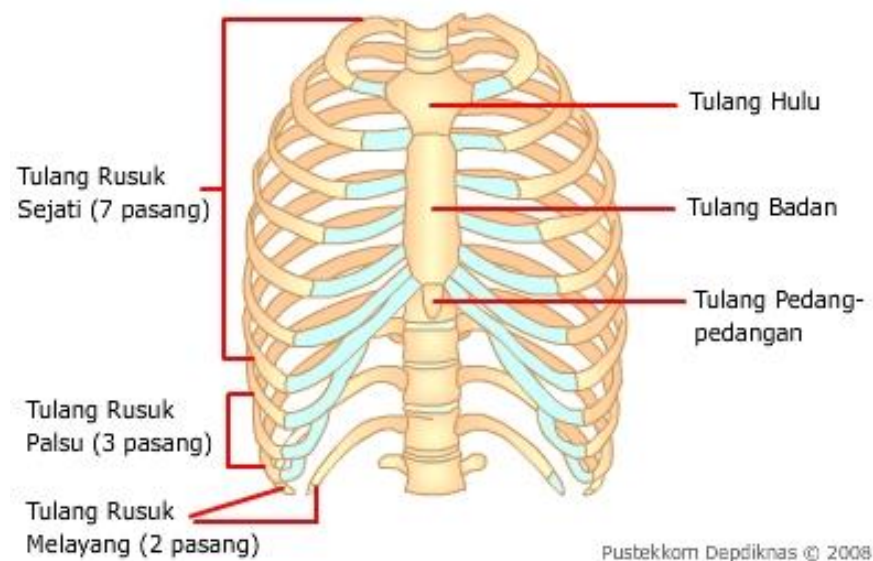
2. Hakikat Rongga *Thorax*

Kerangka tubuh manusia atau skelet adalah suatu susunan tulang yang terdapat pada tubuh. Kerangka ini berguna untuk membentuk tubuh, melindungi bagian-bagian tubuh, tempat melekatnya jaringan-jaringan otot dan sebagai alat pasif di dalam membantu gerak. Kerangka pada dasarnya dibagi atas tiga bagian besar, yaitu tulang batang tubuh, tulang anggota dan tulang tengkorak. Rongga *thorax* yang terdiri dari tulang rusuk, tulang dada dan tulang belakang bagian dari tulang batang tubuh.

Rangka manusia terdiri atas kurang lebih 206 tulang. Berdasarkan letak tulang-tulang terhadap sumbu tubuh, rangka manusia dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama rangka tubuh manusia adalah rangka aksial yang berada di bagian tengah sumbu tubuh, kedua rangka tubuh manusia adalah rangka apendikular yang berada dibagian tepi dari sistem rangka aksial. Rangka aksial terdiri atas

tulang kepala (tengkorak), ruas-ruas tulang belakang (vertebrae), tulang dada (sternum), dan tulang rusuk (kosta). Rangka apendikular terdiri atas gelang bahu, anggota gerak atas(tungkai atas), gelang panggul, dan anggota gerak bawah(tungkai bawah).

Tulang dada (*sternum*) dan tulang rusuk (*costa*). Tulang dada terdiri atas bagian hulu atau tangkai (*manubrium sterni*), bagian badan (*corpus sterni*), dan taju pedang (*processus xyphoideus*). Tulang rusuk terdiri atas 12 pasang tulang rusuk, yaitu 7 pasang rusuk sejati (*costavera*), 3 pasang rusuk palsu (*costa spuria*), dan 2 pasang rusuk melayang (*costa fluctuantes*). Terlihat seperti gambar 2.



Gambar 2. Kerangka *thorax*

Sumber:

<http://google.co.id/search?q=rongga+thorax+dan+otot+pernapasan>⁹

⁹ <http://google.co.id/search?q=rongga+thorax+dan+otot+pernapasan>, diakses 13 Oktober pukul 12.00 wib

Menurut J. Matakupan dan Aip Sjarifudin, dalam bukunya Anatomi dan Fisiologi, menerangkan bahwa:

Thorax atau dada mempunyai rongga yang disebut *cavum thoraxis*, adalah suatu ruangan pelindung alat-alat pernapasan, jalan pernapasan dan paru-paru. Selain dari itu juga sebagai pelindung dari pusat penggerak peredaran darah dalam tubuh, yaitu jantung. Oleh karena itu keadaan rongga *thorax* atau rongga dada harus kuat.¹⁰

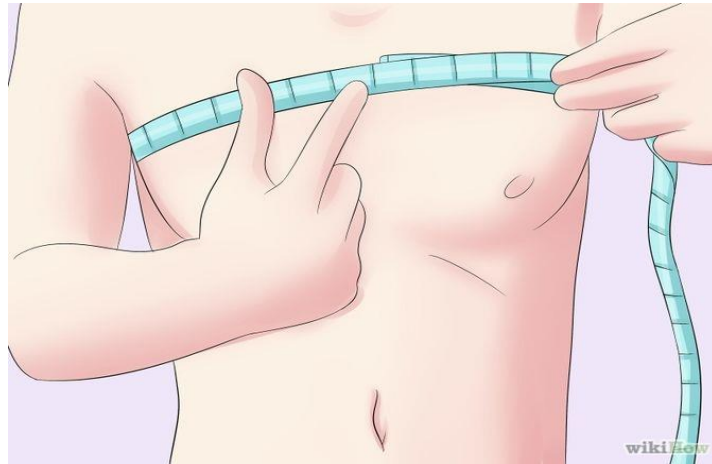
Dinding *thorax* dibentuk oleh *vertebrae thoracales* 1 – 12, *discus intervertebralis*, *costae* 1-12 *dextra* dan *sinistra cartilage costae*, *sternum*, pembuluh darah, fascia yang melekat pada tulang tersebut dan terdapat pula otot-otot yang melekat pada dinding *thorax*, yaitu *m. intercostalis externus*, *m.intercostalis internus*, *m.levator costae*, *m.subcostalis*, *m.transversus thoracis*, *m.serratus posterior superior*, *m.serratus posterior inferior*.

Dapat disimpulkan bahwa rangka dada atau yang biasa disebut *thorax* tersusun atas tulang dan tulang rawan. *Thorax* berupa sebuah rongga berbentuk krucut, dibawah lebih lebar daripada diatas dan yang dibelakang lebih panjang daripada didepan. Batas-batas yang membentuk rongga di dalam *thorax* adalah dibagian depan terdapat os.sternum dibagian samping dibatasi oleh os.*costae*, dibagian belakang dibatasi oleh os.*thoracalis* dan di bagian bawah dibatasi oleh diaphragma.

Mekanisme pengembangan rongga *thorax* (ekspansi dada) adalah kemampuan mengekspansikan paru dan *thorax* saat inspirasi yang terjadi

¹⁰ J. Matakupan dan Aip Sjarifudin, *Anatomi dan Fisiologi*, (Jakarta: Dept. Pendidikan dan Kebudayaan PT. Dulang Mas Kerta: 1985) hal. 101.

akibat aktivitas otot pernapasan, dapat diukur secara kasar dengan cara mengukur panjang keliling *thorax* pada waktu inspirasi paling dalam dan waktu ekspirasi paling kuat. Selisihnya adalah suatu ukuran untuk kemungkinan dapat Bergeraknya *thorax*.



Gambar 3: Pengukuran pada bagian (*axillac*)



Gambar 4: Pengukuran pada bagian (*axillac*)

Sumber: <http://id.wikihow.com/Mengukur-Ukuran-Dada>¹¹

¹¹ <http://id.wikihow.com/Mengukur-Ukuran-Dada>, diakses pada tanggal 20 Januari 2016 pukul 18.00 wib

2.1. Mekanisme Dasar Pengembangan dan Pengempisan Rongga *Thorax*

Pada saat respirasi rongga dada akan membesar yang disebabkan oleh bergeraknya *costae* ke cranial di *artic.costae vertebrae* yang mengakibatkan rongga dada mengembang.

Kontraksinya otot-otot diaphragma, yang mengakibatkan diaphragma turun ke caudal dan membesarkan rongga dada. Pembesarannya rongga dada ini disebut inspirasi. Inspirasi dilakukan oleh otot-otot yang menarik *costae* ke cranial yaitu:

- *m. intercostalis externus*
- *m. sternokleidomastoideus*
- *m. serratus anterior*
- *m. scalenus*¹²

Sedang ekspirasi terjadi bila rongga dada mengecil, hal ini terjadi bila *costae* turun ke caudal dan otot-otot diafragma relaxasi. Otot-ototnya adalah:

- *m.rectus abdominalis*
- *m.intercostalis internus*¹³

¹² Jeremy P.T Ward, Dkk, *Sistem Respirasi Ed.2*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2008), h. 14.

¹³ *Ibid*

Prinsip dari proses pernapasan adalah memasukan udara dengan membesarkan ruangan dada. Rongga dada dibatasi oleh tulang belakang, tulang-tulang rusuk, tulang sekat dada, otot-otot yang terdapat antara tulang-tulang iga dan diafragma. Diafragma ini memisahkan rongga dada dengan perut. Pembesaran rongga dada terjadi kearah vertikal (tegak lurus), *sagital* (muka-belakang) dan *transversal* (samping).

Ekspirasi terjadi karena elastisitas dari paru-paru, yang dibantu oleh otot-otot yang menekan bagian anterior dari tulang rusuk dan diafragma dalam keadaan rileks. Dalam kondisi patologis tertentu elastisitas paru-paru hilang dan *thorax* cenderung tetap permanen dalam posisi inspirasi, sehingga menyebabkan kesulitan pernapasan yang besar, khususnya dalam kedaluwarsa. Elastisitas besar dari paru-paru normal ditunjukkan oleh fakta bahwa jika jarum berongga diperkenalkan ke dalam rongga pleura melalui dinding dada, udara akan mengalir melalui di dalam rongga bahkan selama ekspirasi dan paru-paru menyusut turun ke akar sampai itu adalah hanya sebagian kecil dari ukuran normal.

a. Pembesaran ke arah vertikal

Pembesaran kearah vertikal disebabkan karena kontraksi otot diafragma. Diafragma ini terdiri dari bagian-bagian otot. Ruangan yang kosong di antara diafragma dan paru-paru, akan segera pula diisi oleh jaringan paru-paru saat inspirasi.

b. Pembesaran ke arah *sagital* dan *transversal*

Pembesaran ini terjadi dikarenakan tulang-tulang rusuk yang bergerak kesamping dan kedepan, gerakannya sebagai berikut:

1. Tulang iga karena letaknya tidak benar-benar horizontal, maka di waktu tulang iga di angkat ke atas, terjadi jarak depan dengan tulang belakang menjadi lebih besar. Disini terjadi pembesaran ke arah *sagital*. Bila tulang iga letaknya benar-benar horizontal, maka dengan diangkatnya tulang iga, maka rongga dada akan mengecil.
2. Faktor yang kedua adalah tulang iga mempunyai dua sendi dengan tulang belakang, sehingga gerakan yang terjadi disini memutar pada suatu sumbu yang letaknya antara dua sendi tadi. Bila sumbu ini arahnya benar-benar *transversal* maka pada gerakan pengangkatan tulang iga terjadi pembesaran tulang iga ke depan. Bila sumbu tadi letaknya *sagital*, maka pada pengangkatan tulang iga akan terjadi pembesaran ruang ke arah *transversal*.

Pada sebenarnya sumbu gerakan ini letaknya tidak transversal atau *sagital*, tetapi diantaranya. Akibatnya, maka pada pengangkatan tulang iga, akan terjadi pembesaran ke arah samping dan muka.

Untuk memperbaharui udara paru (udara alveoler) perlu melakukan pernapasan dengan cara:

Rongga *thorax* (dada) diperkecil maka udara di dalam paru akan terdesak keluar, dan jika diperbesar maka udara dari luar akan masuk ke

dalam paru-paru. Pembesaran rongga dada terjadi ke tiga arah yaitu secara vertikal (ke atas dan kebawah), *transversal* dan *sagital* (kedepan dan belakang). Pembesaran rongga dada atau *thorax* kearah vertikal, diwujudkan oleh kontraksi otot diaphragma. Diaphragma merupakan kubah yang atapnya terdiri dari lempeng urat (*centrum tendinium*), dari sini serabut-serabut otot menyebar ke dinding bagian dalam *thorax* dan melekat padanya. Serabut-serabut otot ini merupakan dinding diaphragma yang miring dan melengkung.

Pada keadaan istirahat (relaksasi) sebagian besar otot ini merapat pada dinding *thorax* bagian dalam. Pada inspirasi biasa, bagian dinding otot yang lengkung ini mengerut dan merata sehingga terjadi ruangan antara bagian otot dan dinding rongga *thorax*.

Serabut-serabut otot ini tidak dapat merata sama sekali karena ada lawan dari isi perut seperti hati, lambung, usus dan sebagainya. Pada waktu inspirasi yang dalam, kontraksi otot diaphragma lebih kuat lagi sehingga *centrum tendinium* turun antara enam sampai dengan tujuh cm. Jadi pembesaran rongga *thorax* kearah vertikal diwujudkan oleh otot diaphragma yang merata sehingga terjadi ruangan yang dimasuki oleh paru-paru. Sisi bawah paru dapat turun sampai lima sentimeter.

Pembesaran rongga *thorax* kearah *transversal* dan *sagital*. Hal ini karena *os.costae* digerakan oleh *m.intercostales eksternus*. Pembesaran ini terjadi karena:

- Jika *os.costae* terangkat, jarak antara *os.sternum* dengan *os.vertebrae* menjadi lebih jauh (pembesaran ke arah *sagital*)
- Tiap-tiap *os.costae* dihubungkan dengan *os.vertebrae* oleh dua persendian yang sumbu gerakannya melalui tempat hubungan itu. Jurusan sumbu gerak ini diantara *transversal* dan *sagital*, sehingga gerakan *os.costae* mengakibatkan terjadinya pembesaran kesamping (*transversal*) dan kesagital. *Os.costae* bagian bawah terutama ke arah samping, sedangkan *os.costae* yang lebih tinggi pembesarannya ke arah depan.

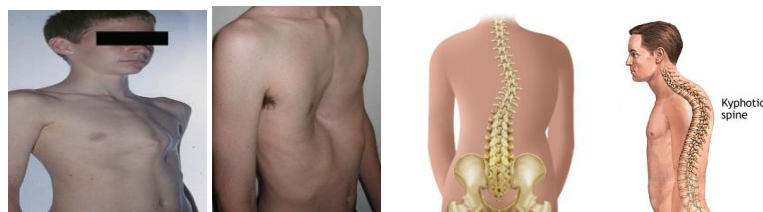
Jadi kesimpulannya pada saat respirasi ukuran rongga dada berubah, ketika inhalasi rongga dada membesar sedangkan saat ekshalasi mengecil. Hal ini terjadi karena mekanisme kontraksi dan relaksasi otot-otot interkostal dan diafragma. Dada membesar ketika diafragma dan otot interkostal berkontraksi, yang meningkatkan ukuran dan volume dada. Ketika tekanan intrapulmonar turun, udara masuk ke paru-paru sampai tekanan intrapulmonar dan tekanan atmosfer sama. Sebaliknya dada mengecil terjadi begitu otot-otot inspirasi berelaksasi dan paru-paru kembali ke semula. Bila tekanan intrapulmonar melebihi tekanan atmosfer, udara keluar dari paru-paru. Kurang lebih 2/3 dari pertukaran udara timbul akibat elevasi tulang rusuk dan lebih kurang 1/3 akibat kontraksi diafragma. Perubahan posisi diafragma dan pergerakan tulang rusuk mengakibatkan perubahan volume rongga dada, yang

sekaligus menyebabkan perbedaan tekanan antara udara luar dengan paru-paru yang memungkinkan terjadinya perpindahan udara ke dan dari luar ke tubuh.

2.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan rongga *thorax*:

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pengembangan rongga thorax adalah kemampuan untuk mengekspansikan rongga dada dan paru. Selain otot-otot pernapasan, ada beberapa faktor lain yang berpengaruh juga, yaitu:

- Kelainan bentuk bentuk pada dinding toraks:



Gambar 5: Kelainan bentuk pada thorax

Sumber:

<http://repository.unand.ac.id/18503/10/Penuntun%2>¹⁴

- *Pigeon chest* sternum ½ distal melengkung ke anterior, bagian lateral dinding thorax kompresi ke medial (seperti dada burung)

¹⁴ <http://repository.unand.ac.id/18503/10/Penuntun%2>, diakses 22 Nopember 2015 pukul 10.00

- *Funnel chest*, yaitu bagian distal dari sternum terdorong kedalam/mencekung.
- *Scoliosis* dari vertebra thoracalis yaitu perubahan bentuk dari rongga thoraks akibat vertebra bengkok ke kiri atau ke kanan.
- *Kyphosis/ gibbus* dari *vertebrae thoracalis*.

3. Hakikat Kapasitas Aerobik Maksimal

Menurut Russel Pate, kemampuan kapasitas aerobik maksimal ($VO_2\text{Max}$) adalah tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen. Selain itu, kesegaran jasmani adalah kemampuan seseorang untuk melakukan tugasnya sehari-hari dengan gampang, tanpa merasa lelah yang berlebihan, dan masih mempunyai sisa atau cadangan tenaga untuk menikmati waktu senggangnya untuk keperluan yang mendadak¹⁵.

Sedangkan menurut pendapat lain menjelaskan bahwa, kapasitas aerobik maksimal adalah jumlah maksimal oksigen yang dapat diolah tubuh dalam waktu tertentu¹⁶. $VO_2\text{Max}$ adalah kemampuan untuk mengambil oksigen selama kerja fisik, $VO_2\text{Max}$ dinyatakan dalam liter/menit selama olahraga¹⁷.

¹⁵ Sadoso S, *Pengetahuan Praktis Kesehatan dalam Olahraga*, (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1992), h. 178.

¹⁶ Pusat Kesegaran Jasmani, *Aerobik*, (Jakarta: Balai Pustaka, 1975), h. 21.

¹⁷ Peter G.J.M Janssen, *Latihan Laktat Denyut Nadi*, Terjemahan Pringgoatmojo, (Jakarta: Balai Pustaka, 1993), h. 26.

Menurut Joe Friel, kapasitas aerobik adalah kemampuan anda dalam menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi. Semakin banyak oksigen dalam tubuh anda dapat memproses lebih banyak energi.¹⁸

Jantung adalah organ berongga empat yang berfungsi memompa darah lewat sistem pembuluh darah. Jantung menggerakkan darah dengan kontraksi yang kuat dan teratur dari serabut otot yang membentuk dinding rongga-rongganya. Ditinjau dari segi latihan olahraga, rongga jantung yang terpenting adalah ventrikel kiri, karena rongga ini memompa darah yang mengandung oksigen ke seluruh organ dan jaringan tubuh, termasuk otot rangka. Untuk kepentingan tersebut suatu sistem untuk mengangkut (transportasi). Pada manusia sistem tersebut disebut sistem sirkulasi.

Sistem sirkulasi adalah transpor yang mengantarkan O₂ dan berbagai zat-zat yang diabsorpsi dari traktus gastrointestinal menuju ke jaringan serta mengembalikan CO₂ ke paru-paru dan hasil metabolisme lain menuju ke ginjal. Sistem sirkulasi juga berperan dalam pengaturan suhu tubuh, dan mendistribusikan hormon serta berbagai zat lain yang mengatur fungsi sel.¹⁹

Sistem sirkulasi berguna untuk keperluan mengangkut zat-zat makan dari usus dan juga hasil metabolisme tubuh untuk dibuang pada alat pembuangan. Untuk tugas sirkulasi dibutuhkan suatu sistem pompa,

¹⁸ <http://www.trainingbible.com/joesblog/2010/03/physiological-fitness-aerobik-capacity.html>, di akses pada tanggal 29 Nopember 2015 Pukul 23:34

¹⁹ William F. Ganong, *Fisiologi Kedokteran Ed. 20*, Terjemahan H. M Widjajakusumah, (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1999), h. 495.

tempat untuk mengalirkannya berupa pembuluh darah dan benda yang dialirkannya yaitu darah. Jadi prinsip peredaran darah ialah: ada pompa pengedar, ada cairan/zat yang diedarkan, dan ada tempat beredarnya, dengan demikian fungsi utama dari sirkulasi adalah transportasi, selain pertahanan tubuh/proteksi tubuh.

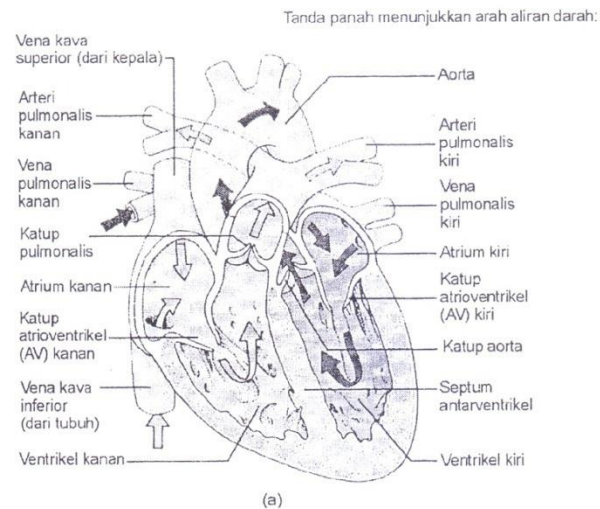
Jadi, dapat disimpulkan bahwa kapasitas aerobik maksimal merupakan suatu kualitas atau suatu kerja fisik dalam kemampuan pengambilan oksigen dalam menghasilkan energi secara terus-menerus yang memungkinkan kerja fisik bersifat umum dalam kondisi aerobik (cukup oksigen) sehingga semakin banyak oksigen dalam tubuh maka semakin banyak pula energi yang dapat diproses dari oksigen tersebut menjadi energi untuk melakukan aktivitasnya.

Dalam peredaran darah dibedakan:

- Pompa: berupa jantung,
- Pembuluh: arteri dan vena, dan
- Benda yang diedarkan: darah dan plasma.²⁰

Jadi dalam hal ini jantung merupakan pompa yang bekerja secara otomatis dan tidak dipengaruhi oleh kehendak kita, seperti pada gambar 1.

²⁰ Tjaliek Soegardo, *Ilmu Faal*, (PGSD Penjas Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan, Jakarta: 1992) hh. 35-36.



Gambar 6. Jantung Manusia

Sumber: Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2* (Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996), h. 259²¹.

Menurut Laurlee Sherwood, dalam bukunya *Fisiologi Manusia dari sel ke sistem Ed 2*, dijelaskan bahwa:

Sistem sirkulasi berperan dalam *homeostatis* dengan berfungsi sebagai sistem transportasi tubuh. Pembuluh darah mengangkut dan mendistribusikan darah yang dipompa oleh jantung untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan O_2 dan *nutrien*, menyingkirkan zat sisa dan penyampaian sinyal hormon.²²

Jantung terletak di rongga dada diantara paru-paru kanan dan kiri, jantung merupakan pompa dari sistem sirkulasi darah dan dibagi menjadi 4 ruangan: Atrium (serambi), kanan dan kiri dibatasi dengan sekat dan ventrikel kanan dan kiri. Dari atrium kanan darah mengalir melalui celah

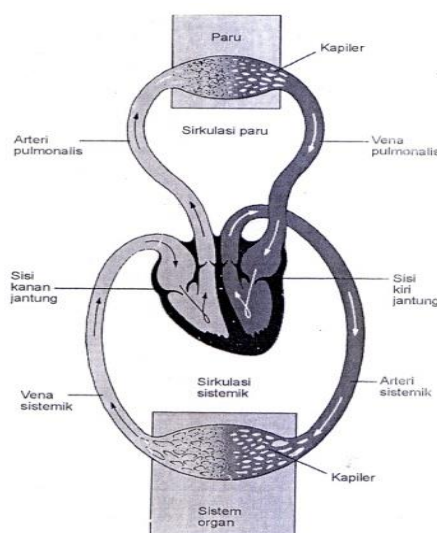
²¹ Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2*, (Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996), h. 259.

²² *Ibid*, h. 297.

dan klep (valvula) *tricuspidalis*. Dari atrium kiri ke ventrikel kiri darah mengalir melalui celah dan klep *bicuspidalis*.²³

Pada manusia mekanisme pompa terjadi melalui sistem pompa. Yaitu sirkulasi utama (sistemik) dan sirkulasi kecil (pulmonal).

- Sirkulasi utama, dari ventrikel kiri darah dipompa melalui arteri dan arteriola menuju ke kapiler tempat terjadinya imbalanced dengan cairan interstisial. Dari kapiler, darah dikembalikan melalui venula dan vena kedalam atrium kanan.
- Sirkulasi kecil, dari atrium kanan darah mengalir ke ventrikel kanan, yang memompa darah melalui pembuluh darah paru, kembali ke atrium kiri kemudian masuk ke ventrikel kiri, seperti pada gambar 2.²⁴



Gambar 7. Sistem Sirkulasi Darah

Sumber: Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2* (Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996), h. 257²⁵

²³ Tjaliek Soegardo, *op.cit*, h. 36.

²⁴ William F. Ganong, *Fisiologi Kedokteran Ed. 20*, Terjemahan H.M Widjajakusumah, (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1999), h. 495.

Volume darah yang dipompa ke dalam nadi utama oleh ventrikel jantung, pada umumnya dinyatakan sebagai liter per menit disebut curah jantung (*cardiac output*). Sedangkan volume darah yang dipompa oleh ventrikel per denyut disebut isi sekuncup (*stroke volume*). Stroke volume biasanya di kalkulasi dengan membagi *cardiac output* dengan denyut jantung. Sehingga bisa didapat rumus $\text{cardiac output} = \text{stroke volume (sv)} \times \text{denyut jantung}$.²⁶

Pembuluh darah adalah suatu sistem saluran tertutup yang membawa darah dari jantung ke jaringan dan kembali lagi ke jantung.²⁷ Ada tiga jenis pembuluh darah yang utama, yaitu:

- Arteri yang membawa darah keluar jantung.
- Kapiler yang merupakan selaput kecil untuk pertukaran berbagai zat.
- Vena yang mengembalikan darah dari kapiler ke atrium kanan jantung.²⁸

Kalau kita uraikan jalan darah di pembuluh darah maka darah pertama dari aorta (pembuluh besar yang keluar dari ventrikel kiri) bercabang menjadi arteri besar kemudian arteri kecil dan di jaringan bercabang menjadi arteriola kemudian mitarteriola (kapiler) yang dindingnya hanya selapis bersatu menjadi venula, venula-venula bersatu menjadi vena,

²⁵ Lauralee Sherwood, *op. cit*, h. 257.

²⁶ Astrand P dan Rodhal K, *Textbook of Work Physiology*, (Internasional Student Edition), h. 122.

²⁷ Lauralee Sherwood, *op.cit*, h. 257.

²⁸ Russel Pate, *Dasar-dasar Ilmu Kepeawatan* (IKIP Semarang: Semarang, 1993), h. 245.

vena bersatu dengan vena yang lain menjadi vena besar, menuju ke jantung dan akhirnya bermuara di atrium kanan²⁹.

Seseorang yang memiliki kesegaran jasmani yang baik akan dapat mengatasi beban kerja fisik tanpa menimbulkan kelelahan yang berarti, bahkan mempunyai tenaga cadangan sewaktu-waktu digunakan secara darurat. Oleh sebab itu kesegaran jasmani yang baik dapat kita peroleh dengan melakukan olahraga secara teratur.

Kesegaran jasmani adalah kemampuan seseorang untuk melakukan tugasnya sehari-hari dengan gampang, tanpa merasa lelah yang berlebihan, dan masih mempunyai sisa cadangan tenaga untuk menikmati waktu senggangnya untuk keperluan yang mendadak.³⁰ Sedangkan menurut pendapat lain menjelaskan bahwa, kapasitas aerobik maksimal adalah jumlah maksimal oksigen yang dapat diolah tubuh dalam waktu tertentu³¹. $VO_2\text{Max}$ adalah kemampuan untuk mengambil oksigen selama kerja fisik, $VO_2\text{Max}$ yang dinyatakan dalam liter/menit³².

Menurut Rusel Pate beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas aerobik maksimal, antara lain:

²⁹ Tjaliek Soegardo, *Ilmu Faal*, (PGSD Penjas Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan, Jakarta: 1992), h. 40.

³⁰ Sadoso Sumosardjono, *Pengetahuan Praktis Kesehatan dalam Olahraga*, (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1992), h. 178.

³¹ Pusat Kesegaran Jasmani, *Aerobik*, (Jakarta: Balai Pustaka, 1975), h. 21.

³² Peter GJM Janssen, *Latihan Laktat Denyut Nadi*, Terjemahan Pringgoatmojo (Jakarta: Balai Pustaka, 1993), h. 26.

a. Fungsi Paru-paru dan Jantung

Jantung dan paru-paru berfungsi dalam memenuhi kebutuhan O_2 dan nutrisi di otot rangka terutama otot-otot besar, agar otot-otot tersebut dapat bekerja maksimal dalam jangka waktu yang lama.

b. Metabolisme Otot Aerobik

Karen metabolisme otot aerobik hanya dapat terjadi dengan penggunaan oksigen, dan laju pemakaian oksigen tubuh adalah gambaran mutlak dari laju metabolisme aerobiknya.

c. Kegemukan Badan

Kegemukan tidak mendukung kemampuan olahragawan secara langsung menggunakan oksigen selama olahraga berat, bahkan cenderung mengurangi berat *relative* $VO_2\text{Max}$ dan kapasitas fungsional.

d. Latihan

Dengan melakukan latihan/kerja fisik yang rutin dan secara progresif dapat meningkatkan kapasitas aerobik maksimal ($VO_2\text{Max}$) seseorang.

e. Keturunan

Faktor keturunan sangat berpengaruh sekali dalam upaya meningkatkan $VO_2\text{Max}$. $VO_2\text{Max}$ seseorang hanya dapat ditingkatkan dengan latihan yang progresif dan berintensitas tinggi. Tetapi meskipun demikian dengan latihan pun $VO_2\text{Max}$ hanya dapat meningkat sebesar 10

hingga 20% saja. Maka dari itu $VO_2\text{Max}$ setiap individu tidak sama besarnya atau berbeda-beda, karena perbedaan garis keturunan.³³

Daya tahan kardiorespiratori adalah seberapa baik anda mampu menghirup oksigen dari atmosfer ke dalam paru-paru kemudian darah, dan memompanya melalui jantung ke otot yang bekerja dimana oksigendigunakan untuk mengoksidasi karbohidrat dan lemak untuk menghasilkan energy.³⁴

Dalam buku penuntun praktikum Ilmu Faal Kerja (Ergofisiology) dijelaskan bahwa:

Kapasitas Aerobik adalah suatu kualitas yang memungkinkan kita mampu melaksanakan secara terus-menerus selama mungkin suatu kerja fisik yang akan bersifat umum dalam kondisi aerobik (cukup oksigen).³⁵

Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa seseorang yang memiliki daya tahan kardiorespirasi yang baik maka ia mampu melaksanakan suatu kerja otot secara terus-menerus dalam keadaan yang cukup oksigen.

³³ Russel Pate, *Dasar-dasar Ilmu Kepeatihan*, (IKIP Semarang: Semarang, 1993), hh. 256-257.

³⁴ Brian J Sharkey, *Kebugaran dan Kesehatan*, Terjemahan Eri Dasmarini, (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada 2003), h. 70.

³⁵ Arie S Sutopo dan Alma Permana Lestari, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Kerja*, (Jakarta: UNJ 2001), h. 9.

Daya tahan kardiorespirasi ($VO_2\text{Max}$) diukur dalam bentuk jumlah mililiter oksigen yang dikonsumsi per kg berat badan dalam setiap menit.³⁶

Faktor fisiologis yang menentukan daya tahan kardiorespirasi, adalah.

a. Keturunan (genetik)

Daya tahan kardiovaskuler 93,4% ditentukan oleh faktor genetik.

b. Jenis Kelamin

Pada umumnya daya tahan kardiovaskuler wanita lebih rendah, yaitu 15-25% dari pada pria yang mencapai 60%.

c. Usia

Dari anak-anak sampai umur 20 tahun, daya tahan kardiovaskuler meningkat sampai mencapai maksimal 30 tahun, dan kemudian menurun pada usia 70 tahun. Namun penurunan tersebut dapat berkurang dengan melakukan olahraga.

d. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang kita lakukan dapat mempengaruhi daya tahan kardiovaskuler. Istirahat di tempat tidur selama 3 minggu dapat menurunkan daya tahan kardiovaskuler.³⁷

³⁶ Jhonatan Kuntraf dan Kathleen L. Kuntaf, *Olahraga Sumber Kesehatan*, (Bandung: Advent Indonesia 1992), hh. 34-35.

³⁷ <http://digilib.unimus.ac.id>, diakses tanggal 10 Nopember 2014 pukul 20.00 wib

4. Hakikat Bola Basket

Bola basket adalah olahraga bola berkelompok yang terdiri atas dua tim beranggotakan masing-masing lima orang yang saling bertanding mencetak poin dengan memasukkan bola ke dalam keranjang lawan. Dengan ukuran lapangan bola basket adalah persegi panjang, dengan ukuran panjang lapangan yaitu 26 meter serta lebar lapangan yaitu 14 meter, serta waktu permainan bola basket yaitu 4 X 10 menit. Dan di antara babak 1, 2, 3, dan babak 4, terdapat waktu istirahat selama 5 menit pada perpindahan dari babak 1 ke babak 2 dan dari babak 3 ke babak 4, dan 10 menit pada perpindahan dari babak 2 ke babak 3. Bila terjadi skor yang sama pada akhir pertandingan harus diadakan perpanjangan waktu (*over time*) selama 5 menit, begitu seterusnya sampai terjadi selisih skor. Dalam waktu tersebut pemain bola basket dituntut untuk memiliki daya tahan tubuh atau kebugaran fisik yang baik, agar dapat bermain dengan konsisten dan penuh konsentrasi.

Menurut Edy S.R salah satu filosofi dasar tentang permainan bola basket adalah permainan yang cepat dan dinamis³⁸. Penguasaan teknik dasar merupakan faktor awal untuk memiliki suatu tim bola basket yang handal. Kemudian dilanjutkan dengan ketahanan fisik yang baik serta kerja sama dari tim itu sendiri dengan menerapkan pola dan strategi yang telah diberikan. Seperti yang dituliskan dalam bukunya, Nuril Ahmadi

³⁸ Edy Suganda. R, *My Basketball Handbook*, (Jakarta: PT. Grafindo Persada, 2002). H. 6.

mengemukakan untuk dapat memiliki suatu tim bola basket yang handal, ada tiga faktor utama yang harus dipenuhi, yaitu:

- a) Penguasaan teknik dasar (*fundamentals*)
- b) Ketahanan fisik (*physical conditioning*)
- c) Kerja sama (pola dan strategi)³⁹

Meskipun bola basket adalah permainan yang sifatnya beregu, tetapi keterampilan dasar perorangan sangat diperlukan sebelum seseorang bisa bermain dalam suatu regu.⁴⁰ Keterampilan dasar yang dimaksud adalah menembak, menerima dan mengoper bola, *dribble*, *rebounding*, serta bergerak dengan tanpa bola. Agar dapat melakukan semua keterampilan dasar dengan baik, seorang pemain perlu memiliki kualitas memadai dari beberapa atribut fisik yaitu, keseimbangan badan, kecepatan pergerakan, dan *footwork* yang baik.

Atlet merupakan seseorang yang bersungguh-sungguh gemar berolahraga terutama mengenai kekuatan badan, ketangkasan, dan kecepatan berlari, berenang, melompat, dan lain-lain⁴¹. Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah pemain yang mengikuti

³⁹ Nuril Ahmadi, *Permainan Bola Basket*, (Solo: Intermedia, 2007), H. 13.

⁴⁰ Danu Hoedaya, *Pendekatan Keterampilan Taktis Dalam Pembelajaran Bola Basket*, (Bagian Proyek Pembinaan Kelas Olahraga, 2001), h.46.

⁴¹ Poerwardaminta, *Kamus Umum Bahasa Indonesia*, (Jakarta: PT. BPK Gunung Mulia, 2004), h. 127.

perlombaan atau pertandingan dalam beradu ketangkasan, kecepatan, keterampilan, dan kekuatan.⁴²

Untuk mencapai prestasi yang optimal, pembinaan sebaiknya dimulai pada sejak usia dini, oleh karena itu untuk dapat maju dan meningkatkan prestasi yang lebih tinggi atlet harus memiliki keinginan atau motivasi yang tinggi untuk memecahkan rekor. Maka sebaiknya pembinaan yang dilakukan haruslah dengan cara yang teratur dan tersusun dengan baik bila menginginkan prestasi yang tinggi.

Disamping faktor bakat, mental juga sangat mempengaruhi seperti seorang atlet dengan mental yang tangguh akan memperlihatkan kegigihan yang luar biasa meskipun secara objektif atau secara alami sudah tidak ada harapan lagi untuk memenangkan pertandingan tersebut.

Atlet bukan hanya profesi yang mengandalkan otot atau kemampuan fisik, tapi juga keteguhan hati dan semangat pantang menyerah. Atlet tidak hanya mengharumkan nama bangsa dengan prestasinya, tapi mereka juga bisa mengubah pandangan dunia tentang negaranya.

Dalam diri seorang atlet bola basket terdapat beberapa unsur kondisi fisik yang harus dibangun untuk mendapatkan penguasaan teknik yang baik. Hal ini dikemukakan oleh M. Sajoto, unsur kondisi fisiknya yaitu, kekuatan, daya tahan, daya ledak, kecepatan, kelincahan, kelenturan, koordinasi, keseimbangan, ketepatan dan reaksi.⁴³

⁴² Tim Reality, *Kamus Terbaru Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Reality Publisher, 2008), h. 115.

⁴³ M. Sajoto, *Kekuatan Kondisi Fisik*, (Jakarta: Ghalia Indonesia, 1983), h. 8.

Jadi, atlet bola basket merupakan individu yang beraktifitas dibidang keolahragaan dengan memiliki bakat tertentu pada cabang olahraga bola basket dengan tujuan menghasilkan prestasi yang setinggi-tingginya.

B. Kerangka Berpikir

Tim bola basket putra Universitas Negeri Jakarta adalah tim bola basket yang bersifat prestasi. Untuk meraih prestasi, seharusnya pelatih dan staff tim bola basket putra Universitas Negeri Jakarta memperhatikan semua faktor-faktor pendukung tercapainya prestasi, yaitu menentukan dosis program latihan yang tepat, pemeriksaan kemampuan fisik atlet, melakukan pengevaluasian psikologi atlet, dan pengobatan yang tepat terhadap atlet yang cedera. Selain itu prestasi tidak hanya ditentukan oleh atlet itu sendiri, namun masih banyak faktor lain yang menunjangnya, seperti kualitas atau mutu pelatih, dukungan manajer tim, tingkat kesejahteraan atlet, kondisi fisik, mental pada saat bertanding, sarana dan prasarana latihan. Dari semua faktor yang ada dalam pencapaian prestasi, peneliti akan meneliti tentang faktor fisik pada olahraga bola basket atlet putra bola basket Universitas Negeri Jakarta.

Kondisi fisik pada olahraga bola basket haruslah baik. Sebagai atlet bola basket dituntut juga untuk memiliki daya tahan tubuh atau kebugaran fisik yang baik, agar dapat bermain dengan konsisten dan penuh konsentrasi. Daya tahan tubuh atau kebugaran fisik yang baik ini dapat dinilai dengan *VO₂Max* dan Kapasitas Vital Paru yang baik juga.

Seseorang yang aktif berolahraga akan memiliki VO_2Max yang lebih besar dibandingkan dengan orang yang tidak berolahraga. Sebagaimana telah diungkapkan sebelumnya yang menerangkan bahwa VO_2Max dipengaruhi oleh kapasitas paru, dan ternyata kapasitas vital paru-paru ini juga dipengaruhi oleh ukuran rongga *thorax*.

Sistem pernapasan dapat dijelaskan dengan cara, ketika bernapas dan menghirup udara melalui hidung. Udara yang dihirup mengandung oksigen dan juga gas-gas lain. Dari hidung, udara terus masuk ke tenggorokan, kemudian ke dalam paru-paru. Akhirnya, udara akan mengalir sampai ke alveoli yang merupakan ujung dari saluran. Di alveolus oksigen mengalami difusi ke kapiler arteri paru-paru. Masuknya oksigen dari luar (lingkungan) menyebabkan tekanan parsial oksigen (P_{O_2}) di alveolus lebih tinggi dibandingkan dengan P_{O_2} di kapiler arteri paru-paru. Karena proses difusi selalu terjadi dari daerah yang bertekanan parsial tinggi ke daerah yang bertekanan parsial rendah, oksigen akan bergerak dari alveolus menuju kapiler arteri paru-paru.

Maka, oksigen yang terkandung dalam alveoli dibawa ke kapiler dan berdifusi dalam darah. Di dalam darah, oksigen berikatan dengan hemoglobin. Setelah darah di kapiler menjadi jenuh dengan oksigen, darah meninggalkan paru-paru dan melakukan perjalanan ke jantung. Selanjutnya jantung memompa darah menuju seluruh tubuh.

Kemudian dapat diuraikan bahwa dengan semakin banyak oksigen yang dapat dihirup maka semakin baik pula kapasitas aerobik

maksimalnya. Pada setiap latihan pasti berimbas pada otot jantung, dengan dilatih terus-menerus otot jantung akan semakin lebar dan membesar. Otot jantung dipengaruhi oleh persediaan oksigen yang cukup. Maka semakin banyak oksigen yang dihirup, otot jantung akan semakin baik. Otot jantung sangat berpengaruh pada kapasitas vital paru ketika melakukan inspirasi maksimal maupun ekspirasi maksimal, selain otot jantung kapasitas vital juga dipengaruhi oleh otot pernapasan dan otot pernapasan ini berada di rongga *thorax*, yang berarti semakin baik otot jantung dan otot pernapasan seseorang maka semakin baik pula kapasitas vital paru dan rongga *thorax* seseorang.

Berdasarkan uraian kerangka berfikir tersebut diduga bahwa hubungan antara kapasitas vital paru dan pengembangan rongga *thorax* dengan kapasitas aerobik maksimal mempunyai hubungan yang berarti. Besarnya kapasitas vital paru dan pengembangan rongga *thorax* menentukan bagusnya kapasitas aerobik maksimal (VO_2Max).

C. Pengajuan Hipotesis

Berdasarkan uraian dan penjelasan dari kerangka teori dan kerangka berpikir di atas, maka dapat diuraikan hipotesis penelitian sebagai berikut:

Diduga terdapat hubungan yang berarti antara kapasitas vital paru dan pengembangan rongga *thorax* dengan kapasitas aerobik maksimal (VO_2Max).